

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1939

THÈSE

N° 888

POUR

LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

(MENTION MÉDECINE)

PAR

Josek FAJGENBAUM

Né le 15 janvier 1909, à Varsovie (Pologne)

LA STÉRÉORADIOGRAMMÉTRIE

(Technique, applications, résultats)

Président : M. L. TANON, Professeur

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUE & C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1939

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1939

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

(MENTION MÉDECINE)

PAR

Josek FAJGENBAUM

Né le 15 janvier 1909, à Varsovie (Pologne)

LA STÉRÉORADIOGRAMMÉTRIE

(Technique, applications, résultats)

Président : M. L. TANON, Professeur

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUVE & C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1939

LE DOYEN... TIFFENEAU

I. — PROFESSEURS

Anatomie	MM.
Physiologie	ROUVIÈRE.
Physique médicale	Léon BINET.
Chimie médicale	STROHL.
Bactériologie	POLONOVSKI.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	Robert DEBRÉ.
Pathologie et thérapeutique générales	BRUMPT.
Pathologie médicale	BAUDOUIN.
	PASTEUR-VALLÉRY-
	RADOT.
Pathologie chirurgicale	MONDOR.
Anatomie pathologique	LEROUX.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Thérapeutique	AUBERTIN.
Hygiène et médecine préventive	TANON.
Médecine légale	N...
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LÉVY-VALENSI.
Pathologie expérimentale et comparée	Henri BENARD
Hydrologie thérapeutique et climatologie	CHIRAY.
	ABRAMI.
Clinique médicale	FIESSINGER.
	LOEPER.
	RATHERY.
	LEREBoullet.
	N...
Hygiène et clinique de la première enfance	LAIGNEL-LAVASTINE
Clinique des maladies des enfants	GOUGEROT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale.	GUILLAIN.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	LEMIERRE.
Clinique des maladies du système nerveux	N...
Clinique des maladies infectieuses	GOSSET.
	GRÉGOIRE.
Clinique chirurgicale	LENORMANT.
	VELTER.
Clinique ophtalmologique	CHEVASSU.
Clinique urologique	COUVEAIRE.
	JEANNIN.
Clinique d'accouchements	LÉVY-SOLAL.
	MOCQUOT.
Clinique gynécologique	OMBRÉDANNE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	HARVIER.
Clinique thérapeutique médicale	LEMAITRE.
Clinique oto-rhino-laryngologique	N...
Clinique thérapeutique chirurgicale	M. VILLARET.
Clinique propédeutique	TROISIER.
Clinique de la tuberculose	MATHIEU.
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	LAUBRY.
Clinique de cardiologie	Clovis VINCENT.
Clinique de neuro-chirurgie	N...
Assistance médico-sociale	HAZARD.
	MULON.
Professeurs sans chaire	OLIVIER.
	SANNIÉ.
	VERNE.



II. — AGÉRGÉS EN EXERCICE

MM.

AMELINE Pathologie chirurgicale.
 BARIÉTY..... Pathologie médicale.
 BERNARD Etienne. Pathologie médicale.
 BESANÇON (Justin). Hydrologie.
 BONNET Bactériologie.
 BOULANGER.. Chimie.
 BOULIN..... Pathologie médicale.
 BROUET..... Pathologie médicale.
 BULLIARD.... Histologie.
 CACHERA..... Pathologie médicale.
 CORDIER..... Anatomie.
 COSTE..... Pathologie médicale.
 COUVELAIRE (Roger). Urologie.
 DELARUE Anatomie pathologique.
 DELAY Pathologie médicale.
 DEGREZ (H.)... Physique.
 DESOILLE..... Médecine légale.
 DIGONNET Obstétrique.
 DOGNON Physique.
 FEVRE Pathologie chirurgicale.
 FUNCK-BRENTANO. Pathologie chirurgi-
 cale.
 GALLIARD Parasitologie.
 GARCIN..... Pathologie médicale.
 M^{lle} GAUTHIER-VILLARS. Anatomie pa-
 thologique.

MM.

DE GENNES... Pathologie médicale.
 GIROUD..... Histologie.
 HAGUENAU... Pathologie médicale.
 HALPHEN..... Oto-rhino-laryngologie.
 JOANNON Hygiène.
 LACOMME..... Obstétrique.
 LANTUÉJOUL. Obstétrique.
 LAVIER..... Parasitologie.
 LELONG Pathologie médicale.
 LEMAIRE Pathologie expérimentale.
 LENÈGRE Pathologie médicale.
 M^{lle} J. LÉVY ... Pharmacologie.
 MARCHAL Pathologie médicale.
 MÈNÉGAUX... Pathologie chirurgicale.
 MOLLARET... Pathologie médicale.
 MOUQUIN..... Pathologie médicale.
 PATEL Pathologie chirurgicale.
 PETIT-DUTAILLIS. Pathologie chirurgicale
 RENARD Ophtalmologie.
 RICHET..... Physiologie.
 SÉNÈQUE..... Pathologie chirurgicale.
 SICARD Pathologie chirurgicale.
 SOULIE Pathologie médicale.
 SUREAU..... Obstétrique.
 TURPIN..... Pathologie médicale.
 WILMOTH Pathologie chirurgicale.

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE

POUR LE SERVICE DES EXAMENS

MM.

ALGLAVE..... Pathologie chirurgicale.
 BUSQUET..... Pharmacologie.
 CHAILLEY-BERT Physiologie.
 GUÉNIOT..... Obstétrique.
 HEITZ-BOYER... Pathologie chirurgicale.
 HUGUENIN Anatomie pathologique.

MM.

LARDENNOIS ... Pathologie chirurgicale.
 LE LORIER Obstétrique.
 NEVEU-LEMAIRE. Parasitologie.
 PIÉDELIEVRE .. Médecine légale.
 VAUDESCAL..... Obstétrique.

IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

A TITRE PERMANENT

MM.		MM.	
ALAJOUANINE...	} Clinique médicale.	BASSET	} Clinique chirurgicale
BRULÉ		BROCQ	
CATHALA		CADÉNAT	
CHABROL		GATELLIER...	
CHEVALLIER		de GAUDART	
DONZELOT		d'ALLAINES	
DUVOIR		LEVEUF	
GASTINEL		MOULONGUET	
LAROCHE (G.) ...		MOURE	
LIAN		QUENU	
MOREAU		FEY	
SÉZARY			

MM.

ECALLE	} Clinique obstétricale.
METZGER	
PORTES	
VIGNES	

V. — CHARGÉS DE COURS

MM.

CHAILLEY-BERT, agrégé	Éducation physique.
LEDoux-LEBARD	Radiologie clinique.
RUPPE	Stomatologie.
WEIL-HALLÉ	Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MA FEMME

A TOUTE MA FAMILLE

A TOUS MES AMIS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR TANON

Professeur de la Chaire d'Hygiène et de Médecine Préventive
Membre de l'Académie de Médecine
Conseiller technique du Ministère de la Santé publique
Inspecteur général du Service d'Hygiène.
de la Préfecture de Police
Officier de la Légion d'honneur

*Qui nous a fait le grand honneur d'accepter la présidence de cette thèse.
Toute notre gratitude.*

A MON MAITRE

MONSIEUR LE DOCTEUR CHARLES GUILBERT

Electro-radiologiste des Hôpitaux
Chef du Service Central d'Electro-radiologie de Lariboisière

*Qui nous a inspiré le sujet de cette thèse,
qu'il veuille bien recevoir nos hommages
respectueux.*

A MES MAITRES DE LA FACULTÉ
DE MÉDECINE DE PARIS ET DE L'ÉCOLE
DE MÉDECINE DE REIMS

A MES MAITRES DES HOPITAUX DE PARIS

LA STÉRÉORADIOGRAMMÉTRIE

(Technique, applications, résultats)

Introduction.

La radiographie stéréoscopique trouve actuellement peu de partisans parmi les radiologues, surtout en France. Après un court essor, commencé avec les travaux de Marie et Ribault, cette méthode radiologique, logique et riche en possibilités, a été vite délaissée. La radiographie plane, et depuis peu de temps les méthodes analytiques (planigraphie, sériographie), ont pris le dessus. Comment expliquer ce fait ? il faut invoquer deux raisons : 1^o une raison d'ordre technique et 2^o une raison d'ordre physiologique.

Les premiers appareils radiologiques ne permettaient d'effectuer que des stéréogrammes imparfaits. Il a fallu arriver à augmenter la puissance de l'appareillage et à la construction des dispositifs spéciaux, comme celui de Dioclès, pour que la stéréoradiographie devienne un moyen d'investigation facilement maniable et donnant des résultats intéressants.

La raison physiologique est plus importante et c'est

elle qui, en principe, s'est opposée et s'oppose encore à une large adoption de la méthode. Chose bizarre, le sens stéréoscopique est mal développé chez la plupart des hommes. Mais il est possible d'atténuer et même de supprimer ce défaut par l'exercice. Il faut un temps plus ou moins long, suivant les sujets, pour surmonter les difficultés du début et acquérir une bonne vision plastique.

Mais tout d'abord plusieurs conditions doivent être réalisées. L'observateur doit bien connaître la qualité de sa vue. Ses deux yeux doivent voir bien normalement ou être parfaitement corrigés.

Pour développer un sens stéréoscopique on doit commencer par examiner des vues des paysages, dont le relief familier facilitera la reconstitution plastique. Ensuite on s'exercera avec des radiographies du squelette et ce n'est que plus tard qu'on essaiera d'examiner des stéréogrammes de la cavité abdominale ou thoracique.

Si ce travail préparatoire a été en vain, le sens stéréoscopique est insuffisamment développé chez le sujet en question. Ces cas sont rares d'après Hasselwander.

Chez certains médecins, présentant un vice de réfraction, le sens stéréoscopique fait défaut. Ceci tient probablement à ce qu'ils ont éduqué et utilisé toujours l'œil le meilleur pour le microscope, ophtalmoscope, etc... développant ainsi anormalement la vision unoculaire de l'œil le meilleur aux dépens de leur vision binoculaire.

Il apparaît donc des considérations précédentes, que l'indifférence manifestée envers la stéréoradiographie n'est pas justifiée et qu'elle a son origine plutôt dans la paresse. La stéréoradiographie demande, il est vrai, un grand travail de préparation et une exécution minutieuse. Mais les résultats qu'elle fournit compensent les peines.

Nous nous proposons de décrire dans ce travail une méthode stéréoradiographique d'une valeur indiscutable. Il s'agit de la stéréoradiogrammétrie, mise au point par le Professeur Hasselwander.

Historique des méthodes stéréoscopiques.

La perception d'une image unique à l'aide des deux yeux avait déjà frappé les anciens et on en trouve la confirmation dans l'*Odyssée* et plusieurs œuvres des médecins et savants grecs. Ainsi Euclide écrivait que « voir le relief c'est recevoir au moyen de chaque œil l'impression simultanée de deux images dissimulables du même objet ». De même Galien parle de la sensation concomitante qui résulte des deux images distinctes perçues par nos yeux.

Mais il faut arriver aux ^{xv}^e et ^{xvi}^e siècle pour trouver clairement énoncée la théorie de la vision binoculaire.

Leonardo da Vinci précise la différence qui existe entre les images du même objet vues par chacun des deux yeux et la sensation de relief qui résulte de la combinaison de ces deux impressions. Le physicien Della Porta dépeignit le premier, de manière précise, les deux images d'un même objet, telles que les voit chacun de nos yeux et l'image combinée, résultant de la superposition des deux premières. Le peintre Jacopo Chimenti da Empoli exécuta de même deux dessins du même genre, dont l'examen à l'aide d'un

stéréoscope, ou directement, en faisant converger les axes optiques, donne une impression nette de relief.

Le Français Gassendi, puis les Anglais Harry et Smith émirent des opinions intéressantes sur la vision binoculaire et cherchèrent à l'expliquer. Mais ni eux, ni leurs successeurs, comme par exemple Mayo (1832), de Haldat (1834) et Elliot ne sont pas arrivés à démontrer leurs hypothèses faute d'instrument nécessaire, ou faute d'imperfection dudit instrument.

Ce n'est qu'en 1838 que le physicien Wheastone présente à l'Académie Royale de Londres un appareil destiné à montrer en relief les images planes. Cet appareil reçoit le nom de stéréoscope. Il se compose de deux miroirs assemblés comme les couvertures d'un livre. Les miroirs forment entre eux un angle de 90° et réfléchissent deux dessins placés l'un en face de l'autre, représentant un objet vu par chaque œil.

Cette invention de Wheastone fut peu remarquée malgré son intérêt capital, et serait même tombée dans l'oubli, si ce dispositif n'avait été utilisé pour l'examen des clichés en stéréoradiographie.

En effet, en 1849, Brewster imagina un dispositif beaucoup plus commode pour les dessins de petit format. Le petit stéréoscope de Brewster permettait d'obtenir une excellente vision stéréoscopique au moyen de lentilles. Par la suite, les lentilles furent remplacées par des prismes.

Il est probable que sans la découverte de la photographie et des rayons X ces stéréoscopes seraient restés des simples curiosités de laboratoires de physique.

En effet, le tracé de deux perspectives, correspondant à la vision binoculaire, exige un travail long et minutieux de la part d'un dessinateur, tandis que la stéréophotographie et la stéréoradiographie réalisent bien les deux images d'un objet pris de deux points de vue différents.

La photographie est née en 1839, la découverte des rayons X date de décembre 1895. Quelques mois plus tard (mars 1896), Imbert et Bertin Sans ont les premiers appliqué la stéréoscopie à la radiographie. La même année, Rémy et Contremoulins présentèrent à l'Académie des Sciences une note sur l'application de la stéréoradiographie dans les études anatomiques. Presque en même temps Destot écrivait sur l'application de la stéréoscopie à l'étude radiologique de l'appareil circulatoire.

En 1897, Lévy-Dorn insistait sur la valeur de la stéréoradiographie en chirurgie. C'est à cette époque que Marie et Ribault publient leur premier article dans lequel ils essaient de déterminer géométriquement les règles de la stéréoradiographie, conformément aux données établies par Cazes.

Depuis, malgré plusieurs publications de nombreux auteurs (Aubourg, Béclère, Hirtz, Zimmern, etc.), cette technique si séduisante n'a pas pris de grand développement en France.

En Belgique, il en est à peu près de même. Au contraire, dans les pays anglo-saxons et en Amérique la stéréoradiographie est devenue d'un emploi courant, et nombreux sont les auteurs qui ont étudié et étu-

dient ce problème. Les Américains se sont appliqués en particulier à étudier la stéréoradiographie du tube digestif et viscères en général. Il faut, au moins, mentionner l'œuvre de James Case et celle de Drünner. Ce dernier a formulé un principe, ayant trait à la prise de radiographies : la distance focale doit être supérieure à 4 fois la région à radiographier.

Dans les dernières années, la stéréoradiographie a été partiellement remise en honneur en France, grâce aux travaux de Dioclès. Ce dernier, s'appuyant sur le principe de Drünner, utilise des grandes distances focales, entre 1 m. et 2 m.⁵⁰ et une base (écartement de l'ampoule) entre 10 et 35 cm. De cette façon il obtient une grande netteté de l'image qui permet d'apprécier de minimes différences de profondeur. C'est le principe de l'hyperstéréoscopie.

D'autre part, Dioclès a imaginé un appareillage radiologique permettant une prise rapide du couple stéréoscopique, ce qui a permis de perfectionner la méthode stéréoradiographique, surtout dans le domaine de la radiologie viscérale. Cet appareillage, supérieur à ceux de Grödel, Haenisch, Schönberg et Lévy-Dorn, est à commandes électriques et permet la prise de deux clichés de l'ordre de $1/10$ de sec. en moins d'une seconde, y compris le décalage.

Les Allemands ont contribué dans une large mesure au développement de la stéréoradiologie. A part différents appareillages, ils ont à leur actif quelques nouvelles méthodes d'application de la stéréoscopie en radiologie et parmi elles la plus intéressante est cer-

tainement la stéréoradiogrammétrie, méthode surtout due à Hasselwander, que nous allons maintenant décrire. Il nous faut encore mentionner dans le même cadre de recherches, l'appareil stéréoscopique construit par Bayerlen et qui permet en principe les mêmes manœuvres que celui de Hasselwander. Il est pourtant moins maniable pour faire du modelage stéréoscopique et même des mesures stéréoradiographiques.

Technique de la stéréoradiogrammétrie.

La stéréoradiogrammétrie a été mise au point par le Professeur Hasselwauder. Comme son nom l'indique, c'est une application particulière de la stéréoradiographie, ayant pour but de tirer des données numériques de l'étude de stéréoradiographies. Il va donc de soi-même que, pour que ces données se rapprochent autant que possible de vraies dimensions du corps radiographié, le volume apparent de l'image stéréographique doit se rapprocher de celui du corps radiographié. Il est nécessaire à prendre une série de précautions, et avant tout il faut observer une condition fondamentale, commune à toutes les prises de vue stéréoscopiques, afin d'obtenir une sensation nette de l'espace. Il faut que les images des radiogrammes stéréoscopiques, formées sur les rétines, se rapprochent dans leurs positions à celles qui se formeraient si on examinait directement le corps radiographié. Il s'agit donc de prendre un couple stéréoscopique d'une manière bien précise et de placer ensuite ce couple dans un stéréoscope, les deux images du couple occupant l'une par rapport à l'autre une position strictement symétrique. Car la sensation

stéréoscopique disparaît ou n'existe que grâce à un effort oculaire considérable, si les deux images ne sont pas à la même hauteur, ou si leur distance de deux yeux n'est pas la même ou si encore les 3 axes de l'espace ne concordent pas.

La solution de ce problème est facile. D'abord pour la prise de clichés. On fixe à l'endroit où seront placés les films (châssis radiographique) une paire de repères opaques aux rayons X (par ex. des petites croix en plomb). L'ombre de ces deux repères est projetée sur chaque image du couple stéréoscopique. Où faut-il placer ces repères ? D'après les recherches de Hasselwander, il faut les placer à l'endroit où tombe le rayon normal à chacune des deux positions du tube. Si on adopte un écartement fixe du tube, les repères sont fixés une fois pour toutes sur le châssis radiographique.

Le couple stéréoscopique une fois obtenu de cette manière est fixé sur le stéréoscope de Wheastone où les deux petites ombres (croix) sur les films se superposent à deux repères semblables (croix de plomb) soigneusement fixés sur les plaques dépolies du stéréoscope. De cette façon, on s'assure de la symétrie parfaite de deux images par rapport aux yeux.

Nous avons vu que pour que les données numériques, tirées de l'étude de stéréoradiographies, soient autant que possible exactes, il faut que les dimensions de l'image virtuelle, vue en relief, correspondent à peu près à celles du corps radiographié. Hasselwander, qui est arrivé à limiter les erreurs de mensurations

jusqu'à ± 1 mm., pose la condition suivante : il faut créer entre les yeux — exactement entre les centres de deux yeux — et entre les films examinés les mêmes relations spatiales qui existaient, pendant la prise de clichés, entre ces derniers et l'écartement du tube.

En effet, dans ce cas le trajet des rayons pendant l'observation correspond exactement à celui qui existait pendant la prise de vue, l'image plastique est donc conforme (tautomorphe) à l'objet.

Il découle de ce qui a été dit ci-dessus que pour les études stéréogrammétriques il n'est pas indifférent de placer les stéréogrammes à n'importe quelle distance des yeux. Cette distance doit correspondre à celle qui existait entre l'ampoule radiographique et les films. D'autre part, l'écartement entre les deux positions de l'ampoule doit se rapprocher de la distance interpupillaire. L'hyperstéréoradiographie de Dioclès n'est donc pas applicable à cette méthode.

Revenons encore un instant au problème de la distance interpupillaire. Cette distance s'écarte assez notablement chez différentes personnes de la distance moyenne pour que la différence ne puisse être négligée. Dans les cas de ce genre il y aura des corrections à apporter aux chiffres trouvés, comme nous le verrons plus loin.

Ainsi, en résumant brièvement, les deux conditions principales requises par la stéréoradiogrammétrie sont :

1^o Un couple stéréoradiographique pris d'une manière strictement définie, et

2^o L'observation du couple dans des conditions reproduisant aussi exactement que possible les relations spaciales qui existaient pendant la prise de vues, entre les films et l'écartement entre les deux positions de l'ampoule à rayons X.

Nous allons décrire maintenant le dispositif mis au point par Hasselwander et permettant des études stéréoradiogrammétriques.

C'est essentiellement un stéréoscope à miroirs de Wheastone, le plus ancien des stéréoscopes et le meilleur qui convient à l'étude stéréoscopique des images roentgenniennes.

Rappelons brièvement sa structure. Il se compose de deux miroirs formant entre eux un angle de 90°. De chaque côté des miroirs, sur un support, à distance égale des miroirs, sont placées respectivement l'image gauche et droite du couple stéréoscopique. Chaque image est éclairée uniformément à travers un verre dépoli (on peut se servir de deux négatoscopes). Les supports de radiographies et le système de miroirs peuvent se déplacer sur une échelle graduée, ce qui permet de connaître exactement la distance entre les radiogrammes et le centre des miroirs. Les images, après réflexion dans les miroirs du stéréoscope, sont projetées sur les rétines de deux yeux placées devant le stéréoscope et se fusionnent en formant une seule, donnant l'impression de relief. Cette image en relief semble exister derrière les

miroirs ; c'est une image virtuelle. Elle se forme à l'endroit où se coupent les prolongements des rayons réfléchis.

Dans un stéréoscope habituel de Wheastone on ne peut examiner qu'avec les yeux l'image plastique virtuelle du corps radiographié. Il nous est impossible de l'atteindre avec nos mains, à cause de l'opacité des miroirs qui la cachent. Si au lieu d'une couche réfléchissante opaque on applique sur les miroirs une légère couche métallique (rhodium p. ex.), qui tout en étant suffisamment réfléchissante est en même temps assez transparente, si en un mot nous disposons de miroirs semi-transparents, nous voyons tout de suite la possibilité de manipuler dans l'image plastique, formée derrière le plan des miroirs. Nous pouvons nous servir de nos mains ou d'un instrument approprié (compas, règle, crayon à dessin, etc., etc.), sous le contrôle de nos yeux, sans risque de cacher quelque chose. Ceci nous permet d'effectuer des mesures directes sur l'image plastique virtuelle, de même que reproduire cette même image, en plaçant derrière les miroirs une substance malléable, comme la terre glaise ou la plastiline. On peut même travailler dans le plâtre.

L'image plastique semble flotter dans la masse de matière malléable placée derrière le plan de miroirs, et il suffit d'enlever des morceaux jusqu'à ce que les contours du corps modelé se superposent exactement à ceux de l'image en relief.

L'observateur peut se rendre facilement compte si

sa copie correspond exactement au modèle (image plastique). Il n'a qu'à fermer alternativement un des deux yeux et observer ce qui se passe alors derrière les miroirs. Si le modèle n'est pas exactement copié, des différences de parallaxes apparaissent entre l'image plastique et la copie, ce qui revient à dire que les contours correspondants ne se superposent pas.

Cette manœuvre correspond à celle que nous accomplissons quand nous décalquons un dessin sur un papier transparent. Hasselwander appelle cette technique de contrôle unioculaire « le décalque plastique ».

Nous avons déjà insisté sur la nécessité de reproduire pendant l'observation, les proportions dimensionnelles caractéristiques pour la prise de vues ; c'est-à-dire que le rapport de l'écartement interpupillaire à la distance des films aux yeux, doit se rapprocher de celui qui a existé entre l'écartement de l'ampoule à la distance de cette dernière aux films, afin que les dimensions de l'image en relief soient superposables à celles du corps radiographié (tautomorphisme). Pratiquement ceci est difficile à réaliser car il faudrait prendre pour chaque observateur un couple stéréographique du même objet, vu que l'écartement interpupillaire est différent d'un sujet à l'autre. Il faut donc dans l'évaluation des dimensions introduire des corrections en rapport avec les différences de distances interpupillaires de différents observateurs, les autres grandeurs (distance, ampoule-films, films-yeux) pouvant être rigoureusement superposables.

Hasselwander a construit un appareil permettant de réaliser les corrections nécessaires. Il l'a appelé « Stéréoskiagraphe ». Voici en quoi consiste ce dispositif. Les miroirs qui renvoient dans les yeux de l'observateur les rayons arrivant de deux images, au lieu d'être fixes sont mobiles et peuvent glisser latéralement l'un par rapport à l'autre au moyen d'un levier. Il est possible de cette manière d'amener les points de réflexion de rayons normaux matérialisés par des croix de plomb sur chaque centre de l'œil. A l'aide d'écrans mis alternativement dans les oculaires de l'appareil, l'observateur, au moyen d'un levier, amène chacun des deux miroirs dans la position correspondante à la vision du rayon central. La position est directement lisible sur une échelle graduée. La distance entre les deux positions correspond à l'écartement interpupillaire.

Ainsi, à l'aide de ce dispositif, sont remplies deux conditions de la reproduction exacte de l'espace, à savoir :

1^o Le centrage exact des yeux par rapport au pied du rayon normal, et

2^o La connaissance de la valeur de la « base » d'observation, c'est-à-dire de la distance interpupillaire.

Si cette base est égale à celle de prise de vues, c'est-à-dire à la distance entre les positions du tube au cours des deux poses, l'observateur arrive à avoir la sensation d'égalité de grandeur entre l'image en

relief et l'objet. Dans le cas contraire, les dimensions du modèle par rapport à celles de l'objet sont diminuées ou augmentées suivant les cas, et ce rapport est égal à celui qui existe entre la distance interpupillaire à l'écartement du tube (les distances entre le tube et les films et entre ces derniers et les yeux étant égales).

Il va de soi que même dans des cas pareils il est possible d'avoir des notions de dimensions exactes, en connaissant la valeur de corrections à effectuer.

Le problème d'égalité de distance : anticathode - films et films - yeux est résolu par l'introduction dans le Stéréoskiagraphe, dans les oculaires de l'appareil, de points d'appui latéraux réglables, qui permettent de fixer dans une position exacte la tête et les yeux.

Parmi les perfectionnements de l'appareil il faut encore mentionner un dispositif permettant d'obtenir l'effet de pseudoscopie.

Si on retourne les radiographies de façon à mettre le côté gauche à droite et vice versa, l'image en relief semble elle-même avoir accomplie une rotation de 180° , de sorte que le plan qui était auparavant le plus éloigné devient le plus rapproché. Il s'ensuit qu'on voit beaucoup plus nettement certains détails qui avant étaient un peu cachés par les autres parties de l'image.

Pour expliquer ce phénomène nous sommes obligé d'avoir recours à la psychologie et prendre en considération le fait que depuis l'enfance l'expérience nous

a habitué à voir avec le plus de netteté la surface d'un objet qui est tournée vers nous, tandis que celles qui sont en arrière sont vues avec beaucoup moins de netteté.

Comment réaliser pratiquement l'effet de pseudoscopie ? Il est compréhensible que la manœuvre de retourner les films n'est pas commode. Hasselwander l'a résolu de la manière suivante. A l'aide d'une manette on place sur le trajet des rayons, se dirigeant vers les oculaires, deux prismes à réflexion totale, prismes logés dans deux petites boîtes latérales, près des oculaires. L'effet obtenu est étonnant et l'évaluation des dimensions du corps radiographié se trouve être beaucoup plus sûre et plus exacte, grâce à la possibilité de confrontation des mesures obtenues en orthostéréoscopie et pseudo-stéréoscopie.

Ainsi se présente, schématiquement, l'appareil modifié de Wheastone, modification qui a permis une série d'études de grande importance et qui ont abouti à abolir plusieurs notions considérées exactes jusqu'alors, de même qu'à perfectionner les méthodes d'investigation dans plusieurs domaines de la médecine. Nous allons maintenant parcourir les divers champs d'application de la stéréoradiogrammétrie et voir les résultats obtenus avec cette méthode.

Applications de la stéréoradiogrammétrie

a) Anatomie.

C'est l'anatomie du corps vivant — si on peut s'exprimer ainsi — qui a amené le professeur Hasselwander à imaginer sa méthode radiostéréoscopique. Déjà Léonardo da Vinci, le premier anatomiste moderne, montrait l'importance résultant de l'étude de la forme organique en rapport avec son fonctionnement. Les grands anatomistes qui lui ont succédé — Vesale, Harvey, Haller et autres — s'efforçaient surtout à décrire avec force détails les différents organes du corps humain : travail anatomique minutieux, amélioration constante des moyens microscopiques. Mais on n'observe presque pas chez eux de tendance de suivre le principe énoncé par da Vinci sur la corrélation existante entre la forme et la fonction. Et ceci est capital, car on n'étudiait alors que le cadavre humain et non le corps humain. Le cadavre couché, soustrait à l'action de la pesanteur, les organes, conservés ou non conservés, fatalement déformés par les phénomènes cadavériques, tout cela aboutissait forcément dans plusieurs cas à des conceptions erronées. Au début, ces méthodes ne pouvaient pas trop nuire au progrès ;

il s'agissait d'abord de décrire certaines choses élémentaires, qui ne pouvaient pas, par elles-mêmes, mettre en doute la valeur de ce qui a été étudié. D'autre part les premiers anatomistes modernes étaient en même temps médecins, de sorte qu'il persistait un pont reliant l'objet mort des études anatomiques à l'objet vivant de la pratique médicale. Mais, plus tard, le développement de sciences médicales a provoqué leur division en spécialités, et partant, les a individualisées au point de leur faire perdre la connexion avec leur point de départ. De sorte que l'anatomie a perdu le contact avec le corps vivant et est devenue exclusivement l'étude du cadavre.

Heureusement, la découverte de Rœntgen a changé l'aspect de cette science. Cela ne veut pas dire que les anatomistes, dans leur ensemble, ont tout de suite compris de quelle arme puissante ils allaient être dotés. Il n'y en avait que quelques-uns qui ont entrevu la valeur de la nouvelle découverte pour leurs études, et parmi ces derniers un des premiers fut Hasselwander, car déjà, en 1898, donc trois ans après la découverte de Rœntgen, il a entrepris des travaux anatomiques sur le vivant, au moyen des rayons X. Hasselwander s'est vite rendu compte qu'une unique image rœntgenologique, telle qu'on l'emploie couramment, n'est pas suffisante pour la description d'un phénomène. Elle ne peut que révéler l'existence du phénomène, mais ne peut pas suffire pour fournir la connaissance exacte de sa position, sa grandeur et sa forme.

Ces considérations ont amené le professeur Hasselwander à imaginer la méthode de stéréoradiogrammétrie, que nous avons décrite dans le chapitre précédent. Celle-ci, appliquée à l'étude de l'anatomie du vivant, a permis de constater que plusieurs notions — résultat des études sur les cadavres et qui étaient considérées comme immuables — étaient fausses. Elle a également permis d'explorer plusieurs problèmes, dont la connaissance était jusqu'alors rudimentaire.

A titre d'exemple, analysons quelques chapitres de l'anatomie et commençons par l'étude de l'évolution du squelette dans la jeunesse.

Depuis plus de 300 ans, plusieurs chercheurs essayèrent de fixer les dates d'ossification normale du squelette. Mais le matériel qu'ils ont pu ramasser présentait très souvent une valeur peu importante, car il provenait des sujets dont les conditions d'existence n'étaient pas normales. D'autre part, le nombre d'exemplaires anatomiques n'était pas bien proportionné par rapport aux différents âges. Les rayons X, par contre, permettent d'avoir un matériel d'études énorme et en même temps la comparaison entre différents sujets. La stéréométrie permet en plus une étude spaciale et mathématique de l'ossification. Ainsi toute une série de données de la plus haute importance a été acquise. Nous avons appris que l'ossification est plus avancée, pour le même âge, chez la fille que chez le garçon. Dans le même sexe, les longilignes ont une ossification plus rapide que les brévilignes. Il faut y voir une action plus intense de

certaines glandes endocrines. Stettner a montré que les enfants vivant dans les villes ont une ossification plus rapide que ceux de la campagne. De même la nourriture a une grande influence sur l'apparition des points d'ossification et la soudure de l'épiphyse à la diaphyse. La bonne nourriture accélère ces processus. Les états pathologiques ralentissent généralement la marche de l'ossification et l'étude radiologique de cette dernière nous permet de juger de l'état de santé de l'enfant.

Dans un autre domaine de l'étude du squelette — celui des os surnuméraires — les rayons X ont contribué à modifier certaines conceptions. Ainsi, par exemple, en ce qui concerne l'os trigone du tarse, il ressort des études de Hasselwander que cet os doit presque toujours être considéré comme un centre d'ossification secondaire, comme les centres épiphysaires. Dans certains cas de développement anormal du squelette l'os trigone n'arrive pas à se souder à l'os principal.

L'os trigone était connu depuis longtemps grâce aux recherches cadavériques, mais on ne lui attribuait aucune signification, ni valeur spéciales. Mais l'observation d'un grand nombre de clichés radiographiques (plus de 18.000) a amené Hasselwander à des conclusions différentes. Il a d'abord constaté que le pourcentage d'existence de cet os était beaucoup plus grand que celui fourni par les anatomistes (7,5 %). Une étude attentive lui a permis de constater que ce haut pourcentage était en rapport avec des cas cli-

niques étiquetés : luxation, rupture ligamentaire, entorse, etc... En tant que point faible dans l'architecture du pied il est souvent tirailé et parfois détaché.

Les recherches stéréoradiologiques de Kühne et Fischer ont apporté des résultats très intéressants sur la transmission héréditaire de certaines variations subies par la colonne vertébrale.

Un chapitre très important où nos conceptions ont changé, est celui qui concerne la forme, la situation et la fixation des organes internes. Les rayons X ont permis d'examiner les organes de l'homme en différentes attitudes et de se rendre compte de la position des organes en rapport avec les temps respiratoires : inspiration, expiration. Ainsi par exemple le même cadre colique peut présenter tant d'aspects différents — aspects normaux — qu'une personne non avertie les considérerait comme des aspects pathologiques.

Hasselwander rapporte dans ses travaux plusieurs cas analogues, illustrés par des modèles stéréoradiogramétriques, effectués dans du plâtre. Ses recherches ont été confirmées par plusieurs auteurs, entre autres par Moody et Barkley.

Pratje, en collaboration avec Hasselwander, a démontré que le trajet, la situation et la forme de l'œsophage ne sont pas superposables aux données fournies par la dissection du cadavre.

Il nous faut maintenant faire une petite digression et analyser les possibilités techniques d'une prise de vue stéréoscopique d'un couple radiographique d'un

organe interne mobile. L'appareillage de Dioclès est suffisant dans certains cas (par ex. le cas de poumons) pour avoir un couple donnant une impression nette de relief. Mais dans un organe comme l'estomac, il se produit des mouvements péristaltiques involontaires, ce qui cause des pseudoparallaxes. Le dispositif de Dioclès est alors insuffisant et il faut avoir recours à la méthode à réseau qui permet d'obtenir un couple d'images simultanées. Cette méthode, malgré qu'imparfaite, est la meilleure qui existe actuellement.

L'étude stéréoradiogrammétrique du vivant a apporté de précieux renseignements sur les mouvements des articulations et a permis de préciser exactement leur rapport avec les parties superficielles. Elle a également fourni des notions intéressantes sur l'aspect du pied normal et du pied plat, sur le pied chargé et non chargé.

Mentionnons, enfin, les résultats intéressants obtenus avec le stéréoradiogramme total du corps humain. Ce furent d'abord Mulder et Java qui ont fait les premières radiographies totales de l'homme. (Distance focus-film 5 à 12 mètres.)

Récemment, Köhnle et Janker ont montré plusieurs stéréoradiogrammes totaux. L'importance de ces stéréoradiographies est de pouvoir étudier les mesures exactes; les proportions entre différentes parties du corps, la statique et la mécanique du corps humain.

La radiostéréographie totale du corps humain est malheureusement peu réalisable au point de vue pratique, car elle entraîne de très grands frais. Il faut

espérer qu'avec l'évolution de la cinématographie de l'écran fluorescent cette méthode deviendra courante, tant dans les études anatomiques que cliniques et pathologiques.

b) Pathologie médicale et chirurgicale.

L'étude stéréoradiographique est plus délicate en pathologie interne qu'en pathologie externe, car il s'agit dans la première essentiellement d'un trouble fonctionnel et d'un changement de forme à son début. D'où nécessité d'appliquer la plus grande exactitude dans les recherches.

Au centre du diagnostic des maladies internes se trouvent celles des poumons, du cœur et du tube digestif.

Pour le diagnostic de la tuberculose pulmonaire une radiographie simple suffit. La stéréoradiographie ne sera réservée que pour des cas spéciaux, en tenant compte dans les mensurations et les localisations de mouvements provoqués par les battements cardiaques.

— La mensuration, en cas de thoracoplastie, permet de déterminer exactement la situation de la ou des cavernes, de même que l'épaisseur de leurs parois. Elle permet également de connaître l'épaisseur et la configuration de la plèvre, les points d'insertion et l'épaisseur des brides, le point le plus favorable pour faire un pneumothorax, etc...

Dans plusieurs affections pulmonaires la stéréora-

diographie métrique permet la localisation exacte des ombres, caractérisant ces affections.

Quant au cœur, il est très difficile de le présenter en relief, à cause de l'homogénéité de son ombre. Malgré cela, l'image stéréoscopique est plus expressive que la radiographie simple. Cette image peut être rendue plus nette — les pulsations cardiaques provoquant des flous du relief — en se servant de l'appareil de Chautraîne qui synchronise la prise de la radiographie avec les battements du cœur.

On peut également tirer des renseignements de grande valeur de stéréoradiogrammes des organes de l'abdomen et du bassin, si on arrive à éliminer les erreurs de plastique, causées par les mouvements propres de ces organes (nécessité d'une paire simultanée du couple stéréoscopique). Ainsi peut-on connaître le trajet exact d'une fistule, la présence éventuelle du pus dans la vésicule biliaire calculeuse, d'après la position et l'écart qui existe entre les calculs. L'image de la muqueuse digestive est rendue plus nette et surtout plus expressive par la reproduction à trois dimensions. Une image de grande valeur diagnostique est celle qui représente, dans l'espace, les rapports réciproques du duodénum et de la vésicule biliaire opacifiés.

Dans les maladies de l'intestin grêle et du gros intestin la stéréoradiographie ne s'avère pas supérieure à la radiographie simple. Il faut pourtant faire une exception pour les maladies du rectum qui

peuvent trouver un moyen de diagnostic intéressant dans la stéréoradiographie.

La stéréoradiographie métrique est encore applicable avec succès dans les affections des appareils urinaire et génital. Ainsi peut-on préciser le diagnostic de tumeurs du rein, en se rendant compte du degré de déplacement du rein et du bassinet opacifiés. Certaines affections de la vessie sont plus facilement diagnosticables au moyen de l'image radiologique en relief. Le stéréogramme de l'utérus opacifié montre exactement les rapports de cet organe avec les autres et permet une évaluation exacte de distances.

Pour la pathologie chirurgicale la stéréoradiographie est encore un moyen auxiliaire peu répandu. Elle est surtout appliquée dans le domaine de localisation des corps étrangers, puis pour diagnostiquer certaines fractures et luxations. Par contre, la chirurgie de la cavité abdominale ne se servira de la stéréoradiographie qu'exceptionnellement.

Il nous faut nous étendre un peu sur la contribution apportée par la stéréoradiogrammétrie au problème de localisation des corps étrangers. L'appareil de Hasselwander, muni d'une petite lampe mobile dans les 3 dimensions de l'espace et placé derrière les miroirs, sert à ce but. En effet, au-dessus du point lumineux et au pied de sa perpendiculaire au plan horizontal, est fixé un crayon qui permet de marquer sur un papier chaque position du point lumineux. De cette façon on peut reproduire des coupes transversales, verticales ou obliques du corps examiné radio-

logiquement et trouver la distance séparant le corps étranger de telle ou telle autre région superficielle du corps.

On peut d'ailleurs procéder d'une autre manière. On place une feuille de papier directement dans l'espace occupé par l'image en relief et on dessine sur elle les contours de la section faite par la feuille dans l'image virtuelle.

c) Orthopédie.

L'orthopédie tire un large bénéfice de la radiographie à trois dimensions et de l'évaluation exacte de distances. La radiographie plane entraîne souvent de grandes erreurs, à cause de la projection centrale. Un bord trochantérien élevé peut masquer une fracture du col du fémur, constatable seulement sur le stéréoradiogramme. Les résultats de l'opération d'une ancienne luxation de la hanche ne peuvent être sûrement connus que grâce à la représentation dans l'espace du nouvel aspect radiologique de l'articulation. La stéréoradiographie permet de résoudre plusieurs autres problèmes de l'orthopédie qu'il s'agisse des recherches scientifiques ou d'application pratique.

d) Obstétrique.

Le problème principal qui se pose dans ce domaine de la médecine est celui des rapports numériques existant entre les diamètres du bassin maternel et ceux de la tête fœtale. La radiopelvimétrie stéréogra-

phique en position latérale permet en même temps la mesure du diamètre promonto-pubien et le diamètre bipariétal de la tête du fœtus. C'est grâce à cette méthode que la grandeur de la « disproportion obstétricale » est devenue mesurable, ce qui permet d'affirmer ou d'infirmer la possibilité d'un accouchement spontané et poser exactement l'indication éventuelle d'une opération césarienne.

e) Art dentaire.

Dans l'art dentaire, la stéréoradiogrammétrie contribue d'une part à rendre le diagnostic plus sûr et d'autre part à acquérir de précieuses connaissances théoriques. Si on parcourt les différents domaines de l'art dentaire, nous voyons la multiplicité d'application de la radiographie stéréoscopique.

Dans la chirurgie dentaire, cette méthode permet de faire assez facilement le diagnostic d'une fracture du maxillaire supérieur, diagnostic qui est particulièrement difficile lorsqu'il s'agit de le faire sur une radiographie simple, à cause de superpositions osseuses multiples. La position des fragments est exactement établie et peut être visualisée au moyen d'un dessin reproduisant la coupe ou au moyen d'un modelage du maxillaire. La méthode stéréoscopique permet de placer l'appareil de contention en dehors de la bouche du malade. Les modifications subies par l'os : tumeurs, inflammations, lyse, etc..., peuvent être exactement localisées et leur étendue évaluée. De même les corps

étrangers, les dents à développement anormal. Le trajet des canaux de racines est repéré avec exactitude, de même que ces derniers peuvent être isolés au moyen d'une prise de vue stéréoscopique en oblique.

Dans le chapitre d'orthodontie la stéréoradiogrammétrie permet de jeter une lumière sur la question de croissance du maxillaire en rapport avec les dents.

Enfin, dans le domaine de la prothèse dentaire la stéréoradiographie contribue à la solution du problème de l'articulation, de même qu'au contrôle des travaux prothétiques.

f) Anthropométrie et criminalistique.

Dans ces deux disciplines la stéréoradiogrammétrie est encore peu appliquée, pourtant elle s'y avère déjà être d'un secours appréciable. La détermination des types anthropologiques est facilitée par les recherches stéréogrammétriques du crâne qui permettent une classification rigoureuse.

L'enquête faite sur les lieux d'un crime peut également bénéficier de rayons X. Ils permettent non seulement d'analyser la composition de certains objets (éclats du métal, armes, projectiles, etc.), mais aussi une prise de vue stéréoscopique des lieux, afin d'avoir une notion exacte des rapports de ces objets avec l'espace.

La route est ouverte à cette méthode. La confiance en son efficacité augmentera à mesure que les résultats seront plus patents.

Conclusions.

1^o La stéréoradiographie, reproduisant des images dans l'espace, est la méthode radiographique qu'on doit préférer aux autres. Sa supériorité sur les autres méthodes tient à ce qu'elle crée des conditions d'observation superposables à celles qui constituent la base de la vision naturelle, binoculaire ;

2^o La stéréoradiogrammétrie en permettant l'évaluation exacte de différentes parties du corps radiographié, de même que le modelage de l'image spatiale, acquiert par là une valeur toute spéciale ;

3^o Elle a contribué et contribue au développement de nombreux domaines de la Science médicale, en particulier de l'anatomie. Elle a permis une analyse profonde et une juste explication de plusieurs problèmes, jusqu'alors faussement interprétés.

Vu : le Président de la thèse,

TANON.

Vu : le Doyen,
TIFFENEAU.

Vu et permis d'imprimer :
le Recteur de l'Académie de Paris,
G. ROUSSY.

BIBLIOGRAPHIE

- DIACLÈS. — La téléradiographie. La stéréoradiographie.
- DYROFF. — L'importance de la radiopelvimétrie stéréoscopique pour l'indication de la césarienne (Congrès photogramétrique à Paris, 1935).
- EDELMANN. — L'analyse du profil (Zeitschr. f. Morphol. u. Anthrop. 1938, Bd. XXXVII, H. 2).
- HASSELWANDER. — L'image radiologique de l'espace (Das Raumbild, juillet 1937).
- L'anatomie du corps vivant (Sitzungsber. der phys. med. Soz. Bd. 70. S. 353-377).
 - Sur l'histoire, le but et les procédés de la stéréoradiogrammétrie (Congrès photogramétrique à Paris, 1935).
 - Compte rendu des assises de la commission des mesures roentgenologiques au 4^e Congrès International pour études photogramétriques (Radiol. Rundschau, Band IV, 1935).
 - Le 4^e Congrès photogramétrique à Paris (Bildmess. und Luftbildwesen, n° 1, 1935).
- KÖHNLE. — Les principes et l'application de la radiogrammétrie (Congrès photogram. à Paris, 1935).
- Le stéréoradiogramme total du corps humain (Congrès photogram. Paris, 1935).
 - La photogrammétrie en criminalistique (Congrès photogram. Paris, 1935).
- LOEWENECK. — L'importance de la radiostéréographie en chirurgie (Congrès photogram. Paris, 1935).

- MIEHR. — Vérifications anatomiques de localisation stéréoradiographique de projectiles de guerre (Forsch. a. dem. Geb. der Röntgenstr. Bd. 57, 1938, H. 6).
- PIAZZOLA-BELOCH. — Méthodes de roentgenphotogrammétrie (Congrès photogram. Paris, 1935).
- RUMMERT. — La stéréoradiographie en pathologie interne (Congrès photogram. Paris, 1935).
- STANDENRAUS. — L'importance de la radiostéréogrammétrie dans l'art dentaire (Congrès photogram., Paris, 1935).
- STORCK. — La stéréoradiogrammétrie en Orthopédie (Congrès photogram. Paris, 1935).
- TESCHENDORF. — La radiostéréométrie du corps humain (Congrès photogram. Paris, 1935).

